

PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL KOPI TERHADAP NILAI KONDUKTIVITAS TERMAL KOMPOSIT DENGAN MATRIK POLYESTER ETERSET 2504 APT

Rezky Agus Setiawan¹, Dedi Dwi Laksana², Hary Sutjahjono²

¹ Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: dwilaksanad@yahoo.com

ABSTRACT

Heat transfer is a science to determine heat transfer occurs in certain conditions due to temperature differences. The thermal conductivity is the nature of the form termofisik transport properties for heat transfer. Thermal conductivity value indicates how quickly heat mangalir in that particular material and understand the phenomena that occur in the conduction heat transfer. In this study focused on the value of the thermal conductivity of composite particles robusta coffee with a variety of mesh sizes 20, 40, 60, 80 and 100. The method of making composite using hand lay up. Variables used include variations in particle size coffee mesh 20, 40, 60, 80 and 100. The tests performed by the method of thermal conductivity in the composite particles of coffee. Data collection was performed by the method of observation for 60 minutes. From the research results minimum composite thermal conductivity values on the particle size of coffee that passes sieve mesh 20 that is equal to 0.006 W / m°C, composite thermal conductivity values optimum particle size of the coffee that passes sieve mesh 60 that is equal to 0.013 W / m°C. While the value of thermal conductivity composites in the coffee particle size that passes a sieve mesh of 100 decrease in the amount of 0.008 W / m°C. From the data analysis, it can be concluded that the smaller the particle size of the coffee, the thermal conductivity decreases indicating increased ability to inhibit heat conduction.

Keywords: Composite, coffee particles, variations in the size of the mesh

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat dalam bidang industri otomotif sekarang ini, penggunaan komponen logam pada berbagai jenis komponen mulai berkurang. Hal ini diakibatkan oleh beratnya komponen yang terbuat dari materil logam, proses pembentukan yang relatif sulit, dapat mengalami korosi dan biaya produksinya mahal. Oleh karena itu, banyak dikembangkan material pengganti logam yang memiliki sifat material sesuai dengan logam salah satunya komposit polimer.

Bahan komposit polimer tersusun oleh polimer sebagai matriks dan bahan jenis logam atau keramik yang dicampurkan sebagai pengisi. Beberapa alasan dipergunakan bahan pengisi dalam komposit antara lain memperbaiki konduktivitas dan difusivitas termal, meningkatkan konduktivitas listrik dan permeabilitas magnetik, mereduksi terjadinya *creep*, mereduksi internal *stress*, memperbaiki penampilan produk akhir dan memperbaiki sifat mekanik. [1]

Kopi merupakan salah satu minuman paling populer di dunia yang dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat. Kopi juga merupakan salah satu komoditas andalan perkebunan penghasil devisa ekspor, sumber pendapatan petani, penghasil bahan baku industri, serta penciptaan lapangan kerja dan pengembangan wilayah. Produktivitas kopi di Indonesia cukup tinggi sebesar 792 kg biji kering per hektar per tahun, membuat Indonesia menduduki posisi ke empat di dunia dalam hal produksinya.[2]

Tujuh kecamatan di Kabupaten Jember yang memproduksi kopi cukup tinggi adalah Kecamatan Ledokombo, Kecamatan Sumberjambe, Kecamatan Jelbuk, Kecamatan Silo, Kecamatan Panti, Kecamatan Tanggul dan Kecamatan Sumberbaru. Daerah tersebut dapat disebut sebagai daerah sentra produksi kopi di Kabupaten Jember. Nilai rata-rata produksi komoditas kopi yang terdapat pada daerah tersebut selama kurun waktu lima tahun secara berturut-turut adalah 200,7 ton, 221,2 ton, 127,8 ton, 901,6 ton, 182,6 ton, 97,4 ton, dan 140,7 ton.[3]

Di kabupaten Jember dengan jumlah produksi kopi yang semakin tahun meningkat dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan panel komposit. Penggunaan serbuk kopi dengan warna dan tekstur alami dapat digunakan untuk panel komposit serta dengan keunggulan lainnya. Aplikasi panel komposit dalam bentuk panel komposit sering digunakan sebagai bahan interior-eksterior otomotif, papan dinding dan pintu, serta produk-produk kerajinan tangan lainnya.

Kopi robusta berasal dari Kongo dan masuk ke Indonesia pada tahun 1900. Jenis ini mempunyai sifat unggul karena cepat berkembang bahkan merupakan jenis yang mendominasi kerkebunan kopi di Indonesia sampai sekarang.[4]

Sistematika tanaman kopi robusta adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Sub kingdom	: <i>Tracheobionita</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>

Kelas : *Magnoliopsida*
 Sub Kelas : *Astridae*
 Ordo : *Rubiaceae*
 Genus : *Coffea*
 Spesies : *Coffea robusta*

Konduktivitas termal merupakan sifat termofisik yang berupa sifat transpor untuk transfer kalor. Konduktivitas termal merupakan suatu nilai konstanta dari suatu bahan yang menunjukkan kemampuan untuk mentransfer kalor dan dapat memberikan keterangan ketahanan panas dari suatu benda. Persamaan Fourier merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal, yang mana dengan persamaan tersebut dapat dilakukan perhitungan dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal suatu benda. Nilai konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu serta memahami fenomena-fenomena yang terjadi dalam perpindahan panas konduksi. Material yang memiliki konduktivitas termal rendah dapat disebut dengan isolator yang baik.

Persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan tunak (*steady*) ditulis :

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal suatu material, yaitu sebagai berikut[5] :

1. Kandungan Uap Air

Konduktivitas termal air sebesar 25 kali konduktivitas udara tenang. Oleh karena itu, apabila suatu benda berpori diisi air, maka akan berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termalnya. Konduktivitas termal yang rendah pada bahan isolator adalah selaras dengan kandungan udara dalam bahan tersebut.

2. Suhu

Pengaruh suhu berbanding terbalik terhadap konduktivitas termal, secara umum apabila suhu meningkat maka konduktivitas termalnya juga akan menurun.

3. Kepadatan dan Porositas

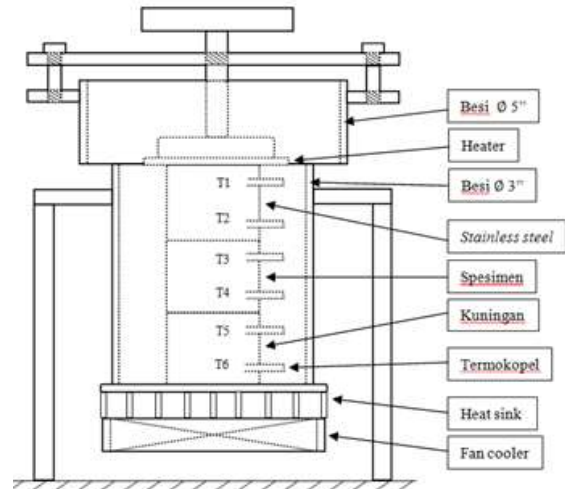
Konduktivitas termal berbeda pengaruh terhadap kepadatan apabila pori-pori bahan semakin banyak maka konduktivitas termal rendah. Perbedaan konduktivitas termal bahan dengan kepadatan yang sama, akan tergantung kepada perbedaan struktur yang meliputi : ukuran, distribusi, hubungan pori/lubang.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan maka pada penelitian ini dirumuskan suatu permasalahan bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel kopi terhadap nilai konduktivitas termal komposit dan morfologi material komposit.

METODOLOGI PENELITIAN

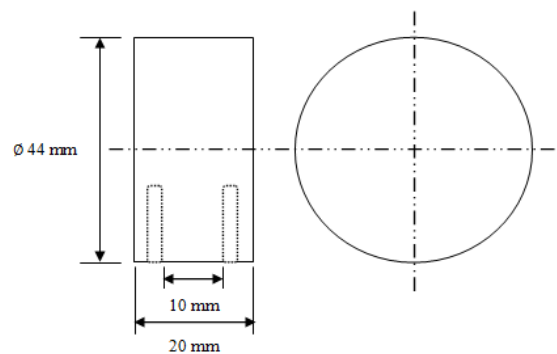
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Proses pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Alat uji konduktivitas termal dibuat dari pipa besi berukuran diameter 5" dan 3" yang disusun sesuai rencana penelitian.



Gambar 1. Sketsa Alat Uji Konduktivitas Termal

Komposit partikel dibuat tersusun atas resin *polyester* sebagai matrik dan partikel kopi sebagai penguat. Pembuatan spesimen berdasarkan riset yang telah dibuat agar mendapat hasil yang diharapkan. Cetakan spesimen dibuat dari pipa PVC berdiameter 1,5" dengan pemberian plastik mika sebagai alas yang dilem untuk menghindari kebocoran saat pencetakan. Cetakan pipa PVC yang dibuat untuk pengujian berukuran panjang 100 mm. Untuk mempermudah pelepasan komposit dari cetakan sebelum proses pembuatan komposit, dinding pipa PVC bagian dalam diolesi *wax mold*.

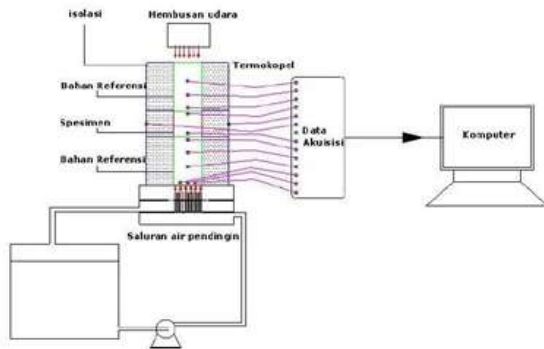


Gambar 2. Sketsa Profil Spesimen

Metode pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay-up*. Resin yang digunakan adalah *Unsaturated Polyester (UP)* eterset 2504 APT. Pertama mempersiapkan bahan campuran komposit dengan 60 % resin 40 % partikel kopi dan 1 % katalis. Kemudian aduk resin dengan katalis sampai tercampur merata selanjutnya tuangkan serbuk kopi sedikit demi sedikit sambil diaduk perlahan sampai tercampur merata. Proses pengeringan dilakukan sampai benar-benar kering yaitu sekitar 5 jam bahkan lebih. Kemudian spesimen di potong-potong berdasarkan ukuran yang sudah di rencanakan yaitu dengan tinggi 20 mm dan diameter 44 mm. Selanjutnya untuk mendapatkan permukaan

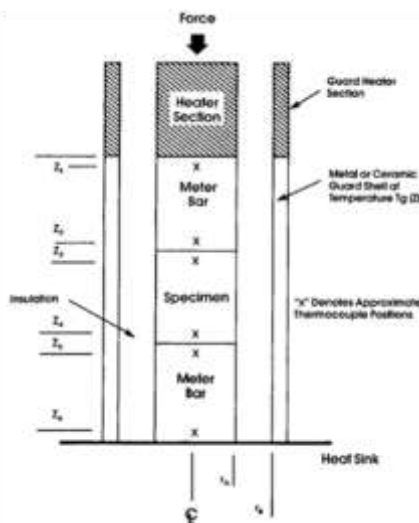
spesimen yang rata diperlukan proses pembubutan kemudian bor sisi samping spesimen sebagai tempat termokopel.

Pengujian spesimen dilakukan berdasarkan pengujian konduktivitas termal bahan dengan metode *steady* menggunakan alat uji konduktivitas termal seperti Gambar 1. Pengambilan data menggunakan alat data logger ADAM 4018 8CH yang terhubung dengan perangkat elektronik dalam waktu 60 menit atau 1 jam seperti gambar dibawah :



Gambar 3. Skema Perangkat Pengujian

Standart pengujian sifat termal pada komposit bermatrik polimer menggunakan ASTM E 1225-99. Metode pengujian ini menjelaskan teknik *steady* untuk menentukan nilai konduktivitas termal. Skema pengujian spesimen dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. Skema Pengujian Spesimen

Menurut ASTM E 1225-99 menghitung laju kalor pada bahan referensi sebagai berikut :

- Untuk bahan referensi meter bar atas (*top bar*)

$$q'_T = k_T \cdot \frac{T_2 - T_1}{Z_2 - Z_1}$$

- Untuk bahan referensi meter bar bawah (*bottom bar*)

$$q'_B = k_B \cdot \frac{T_6 - T_5}{Z_6 - Z_5}$$

- Dari kedua persamaan di atas, untuk menghitung nilai konduktivitas termal spesimen menggunakan rumus di bawah ini:

$$k'_S = \frac{(q'_T + q'_B)(Z_4 - Z_3)}{2(T_4 - T_3)}$$

HASIL PENELITIAN

Data Hasil Penelitian

Sebelum melakukan pembuatan spesimen dilakukan persiapan bahan dan alat yang hendak digunakan. Bahan yang perlu disiapkan biji kopi robusta yang ditumbuk halus lalu diayak menggunakan ayakan mesh 20, 40, 60, 80, 100 dan polyester eteraset 2504 APT. Kapasitas volume cetakan (volume komposit) adalah $3,14 \times 22 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} = 30,395$, massa jenis polyester 1,12. Proses pembuatan spesimen menggunakan metode *hand lay-up* dengan presentase 60% resin : 40% partikel. Data perhitungan pembuatan komposit partikel kopi bisa dilihat di lampiran halaman 33. Komposisi komposit partikel kopi berdasarkan mesh 20, 40, 60, 80 dan 100 pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Spesimen

No	Mesh	Massa Jenis Partikel (gram/cm ³)	Massa Partikel (gram)	Massa Resin (gram)	Massa Jenis Komposit (gram)
1	20	0,368	4,474	20,425	24,899
2	40	0,382	4,644	20,425	25,069
3	60	0,415	5,045	20,425	25,470
4	80	0,422	5,130	20,425	25,555
5	100	0,441	5,361	20,425	25,786

Data Hasil Pengujian

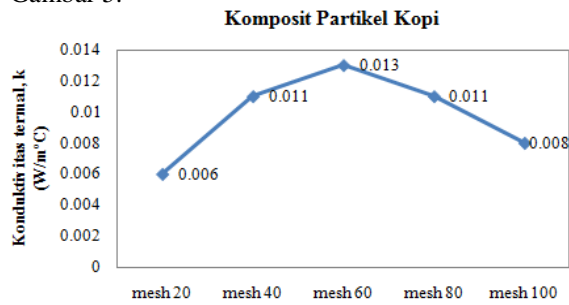
Pengujian konduktivitas termal dengan metode *steady* dengan rentang suhu antara 200°C - 260°C selama 60 menit pengujian. Berdasarkan Tabel 2 nilai konduktivitas termal komposit pada ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 20 sebesar 0,006 W/m°C. Nilai konduktivitas termal komposit mengalami kenaikan pada ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 40 - 60 yaitu sebesar 0,011 - 0,013 W/m°C. Sedangkan nilai konduktivitas termal komposit mengalami penurunan pada ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 80 - 100 yaitu sebesar 0,011 - 0,008 W/m°C berada diatas sampel kontrol (tanpa partikel kopi) yaitu sebesar 0,007 W/m°C pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai konduktivitas termal komposit partikel kopi

No	Mesh	Konduktivitas Termal, k (W/m°C)
1	<u>tanpa partikel kopi</u>	0,007
2	20	0,006
3	40	0,011
4	60	0,013
5	80	0,011
6	100	0,008

PEMBAHASAN

Dari data hasil pengujian nilai konduktivitas termal komposit partikel kopi Tabel 2 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Komposit berbagai Variasi Mesh Partikel Kopi

Dilihat dari Gambar 5 diperoleh nilai konduktivitas termal komposit pada ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 20 sebesar 0,006 W/m°C. Pada ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 60 terjadi kenaikan nilai konduktivitas termal komposit sebesar 0,013 W/m°C atau batas optimum komposit partikel kopi. Sedangkan nilai konduktivitas termal pada ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 100 yaitu sebesar 0,008 W/m°C masih berada diatas sampel kontrol (tanpa partikel kopi) yaitu sebesar 0,007 W/m°C.

Nilai konduktivitas termal mengalami penurunan dari ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 60 ke mesh 100 dari angka 0,013 W/m°C menjadi 0,008 W/m°C. Hal ini disebabkan ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 80 - 100 menghasilkan permukaan halus yang memungkinkan jarak antar partikel kopi semakin rapat sehingga saat dialiri panas konduksi yang dominan menghambat rambatan panas yaitu kopi. Yang berpengaruh terhadap nilai konduktivitas panas komposit partikel adalah bentuk partikel dan jarak antar partikel. Jika jarak antar partikel semakin dekat, maka transfer panas juga semakin efisien.[6]

Distribusi ukuran partikel sangat menentukan kemampuan partikel dalam mengisi ruang kosong antar partikel untuk mencapai volume terpadat dan pada akhirnya akan menentukan besarnya porositas dan kekuatan.[7]

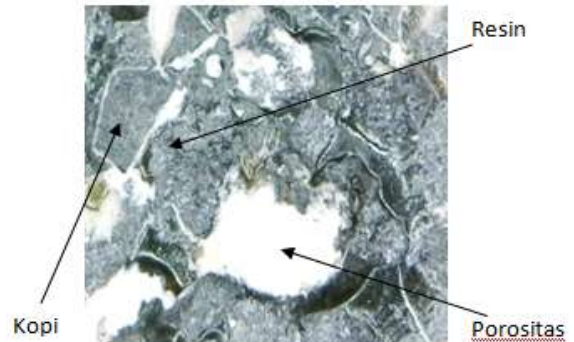
Bahan yang baik untuk isolator panas memiliki nilai konduktivitas termal sekitar 0,1 W/m°C.[8]

Pengamatan Morfologi

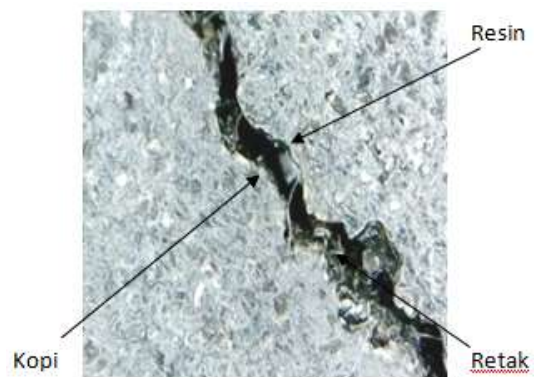
Dari hasil pengujian konduktivitas termal didapatkan fenomena-fenomena yang terjadi dalam perpindahan panas konduksi. Variasi ukuran partikel sangat berpengaruh terhadap kekuatan komposit. Pengambilan struktur mikro pada permukaan spesimen sesudah pengujian termal menggunakan mikroskop dengan perbesaran 50x. Hasil pengamatan foto makro dan foto mikro spesimen adalah sebagai berikut.

Pada spesimen dengan ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 20 menunjukkan mampu mempertahankan bentuk dengan baik karena ukuran partikel yang besar luasan permukaan kontak antar partikel menjadi kecil sehingga rambat panas konduksi berkontak langsung pada sebagian kecil dari partikel kopi dan sisanya resin.

Namun pada spesimen dengan ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh antara 40 – 100 kemampuan mempertahankan bentuk semakin menurun. Hal ini disebabkan ukuran partikel yang semakin kecil luasan kontak permukaan antar partikel menjadi besar sehingga rambat panas konduksi berkontak langsung pada sebagian besar partikel kopi dan sisanya resin.



Gambar 6. Foto Mikro Struktur Komposit Partikel Kopi Mesh 20



Gambar 7. Foto Mikro Struktur Komposit Partikel Kopi Mesh 100

Dari penjelasan foto mikro di atas menampilkan gambar lebih jelas mengenai fenomena-fenomena yang terjadi sesudah pengujian yaitu muncul retak permukaan, perubahan diameter pada beberapa spesimen dan perubahan warna spesimen. Retak permukaan diakibatkan pengujian mencapai suhu 200 °C - 260 °C sehingga resin dan partikel kopi mengalami kegagalan panas. Matrik komposit yang berasal dari bahan organik tidak dapat bekerja pada paparan suhu diatas 200°C.[9]

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai komposit partikel kopi dengan variasi ukuran partikel kopi, dapat disimpulkan :

1. Pengaruh variasi ukuran partikel kopi pada komposit adalah semakin kecil ukuran partikel, maka semakin menurun nilai konduktivitas termalnya.
2. Morfologi material komposit sesudah pengujian pada spesimen dengan ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 20

menghasilkan morfologi material komposit yang baik.

Adapun saran hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai komposit partikel kopi dengan variasi ukuran partikel kopi, dapat disimpulkan :

1. Pembuatan komposit sebaiknya menggunakan mesin vakum untuk meminimalisir gelembung udara yang terperangkap pada komposit agar di dapat nilai konduktivitas termal yang lebih signifikan.
2. Perlu pengkajian lebih lanjut mengenai partikel organik lainnya selain kopi agar di dapat material komposit dengan konduktivitas termal yang baik sebagai isolator.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai variasi ukuran partikel kopi agar di dapat nilai konduktivitas termal beserta morfologi material yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mashuri. (2007). Efek Thermal Dan Bahan Penggandeng (*Coupling Agent*) Silane Terhadap Kestabilan Mekanik Bahan Komposit Poliester Dengan Pengisi Partikulit SiC. Jurnal Sains Materi Indonesia.,
- [2] Fuferti, M. A., Syakbaniah dan Ratnawulan. 2013. Perbandingan Karakteristik Fisis Kopi Luwak (*Civet coffee*) dan Kopi Biasa Jenis Arabika. Pillar Of Physics, vol. 2. hal 68-75.,
- [3] Haryati, N. 2008. Kontribusi Komoditas Kopi Terhadap Perekonomian Wilayah Kabupaten Jember. Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Universitas Jember. Jember. Vol. 2 No. 1.hal 56-69.,
- [4] Lilis. 2001. Kasus Fisika Pangan Dua Jenis Kopi (*Coffea sp.*) yang Diukur Beberapa Sifat Fisiknya. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Bogor.,
- [5] Hidayat, Syarif . 2000. Pusat Pengembangan Bahan Ajar. Fisika Bangunan. UMB.,
- [6] R. Kochetov, T. Andritsch, U. Lafont, P.H.F. Morshuis, S.J. Picken, and J.J. Smit, "Thermal behavior of epoxy resin filled with high thermal conductivity nanopowders," *IEEE El. Ins. Conf., Montreal, QC, Canada*, pp. 524-528, 2009.,
- [7] Lestari, F.P. 2008. Pengaruh Temperatur Sinter dan Fraksi Volume Penguat Al₂O₃ terhadap Karakteristik Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al₂O₃ Produk Metalurgi Serbuk. FT Universitas Indonesia.,
- [8] Wibowo, Hary, dkk. 2008. Pengaruh Kepadatan Dan Ketebalan Terhadap Sifat Isolator Panas Papan Partikel Sekam Padi. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, IST AKPRIND Yogyakarta.,
- [9] Tran Doang Hung, P. L., Dora Kroisova,Oleg Bortnovsky,Nguyen Thang Xiem. (2011). *New generation of geopolymers composite for fire resistance*: InTech.